



TAMPEREEN  
AMMATTIKORKEAKOULU

# Valaistussuunnitelman havainnollistaminen asiak- kaille

Lauri Laine

Opinnäytetyö  
Maaliskuu 2018  
Talotekniikka  
Sähköinen talotekniikka



## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Talotekniikka  
Sähköinen talotekniikka

LAINÉ LAURI:

Valaistussuunnitelman havainnollistaminen asiakkaille

Opinnäytetyö 41 sivua, joista liitteitä 2 sivua  
Huhtikuu 2018

---

Opinnäytetyö tehtiin Winled Oy:lle. Winled on osakeyhtiö, jonka päätoimiala on LED-valaisimien maahantuonti, tukkukauppa ja 3d-valaistussuunnittelu. Yrityksen tavoitteena on olla johtava led-valaistuksen edelläkävijä suomalaisessa valaistuksessa ja valaistussuunnittelussa.

Työ tehtiin selventämään valaistussuunnitteluprosessia ja sen kulkua asiakkaillemme, ja osa tämän työn tekstistä tullaan myös julkaisemaan Winledin blogissa. Työssä selvennettiin valaistusalan muutamia termejä ja käydään läpi asioita, joita suunnittelijoiden on hyvä ottaa suunnitteluvaiheessa huomioon.

Työ toteutettiin esimerkkikohteiden avulla; työssä käytiin lävitse omakotitalon ja teollisuuskohteen valaistussuunnitelman eri vaiheita ja toimintatapoja. Työn alussa kerrotaan yleisesti valaistussuunnittelusta ja sen tarkoituksesta jonka jälkeen siirrytään omakotitalokohteen mallintamiseen, valaistuksen suunnitteluun ja kalustamiseen. Ennen teollisuuskohteen esimerkkisuunnitelman läpikäyntiä työssä kerrotaan julkisten suunnittelukohteiden valaistusvaatimuksista.

Osana työtä teetettiin myös kyselytutkimus, jonka tarkoituksena on kerätä palautetta yrityksen nykyisestä suunnitteluprosessista. Kyselytutkimus osoitti asiakkaiden olevan tyytyväisiä suunnitteluprosessiin ja sen aikana tehtiin valaistussuunnittelun havainnollistamista tukeviin 3d-kuviin. Palautteesta kävi myös ilmi, että suunnitelmista otetut 3d-kuvat selkeyttivät suunnittelijan näkemyksien esittelyä asiakkaille.

## **ABSTRACT**

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Building Services  
Electric Building Services

LAURI LAINE:  
Illustrating lighting design plans for clients

Bachelor's thesis 41 pages, appendices 2 pages  
April 2018

---

Thesis will be done for Winled Oy. Winled is a joint-stock company, and their primary industry is importing LED luminaires, wholesale and 3d lighting design. Winled's goal is to be the pioneer of Finnish lighting and lighting design.

This thesis was done for clients and people who aren't in technical field to clarify the whole lighting design process in easy to understand format. The aim of this thesis is to explain most commonly used terms in the lighting field and highlight few key concepts about lighting design in general.

In this thesis, lighting design plans are used as an example to go through the workflow of a lighting design process. First, the fundamentals of lighting will be covered. The next chapter explains the workflow of 3d-modeling, designing lighting and decorating the house. The regulations of designing public buildings are covered in the industrial part of this thesis.

As a part of this thesis, an inquiry was made for clients that have used Winled's lighting design services after January 2017, and it's purpose was to gather feedback of current state of Winled's lighting design process. Inquiry shows that clients appreciate the 3d pictures of their homes and were able to perceive different lighting solutions more easily.

---

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	VALAISTUSSUUNNITTELU .....	7
2.1	Valaistussuunnittelun perusidea.....	7
2.2	Ohjelmisto.....	7
2.3	3d-mallinnus ja visualisointi .....	8
2.3.1	Hyödyt.....	10
2.3.2	Haasteet .....	11
3	ASUINRAKENNUKSIEN VALAISTUSSUUNNITTELU .....	12
3.1	SUUNNITTELUN LÄHTÖKOHDAT .....	12
3.2	VALAISTUSVOIMAKKUUS ERI TILOISSA.....	15
3.3	VALAISTUSSUUNNITTELUN TYÖNKULKU .....	15
3.3.1	Lähtötiedot .....	16
3.3.2	Suunnitelman aloitus.....	16
3.3.3	Ulko- ja sisäseinät .....	17
3.3.4	Ikkunat, ovet ja katto.....	19
3.3.5	Materiaalit .....	21
3.3.6	Yleisvalaistus .....	22
3.3.7	Kalustus.....	26
3.3.8	Viimeistely .....	27
4	TEOLLISUUS KOHTEEN VALAISTUSSUUNNITTELU .....	29
4.1	Standardit .....	29
4.1.1	Valaistusvoimakkuus .....	29
4.1.2	Tasaisuus .....	29
4.1.3	Häikäisy.....	30
4.1.4	Väriämpötila.....	30
4.1.5	Värintoisto.....	31
4.2	ESIMERKKI KOHDE.....	32
4.2.1	Lähtötiedot .....	32
4.2.2	Suunnittelu .....	33
4.2.3	Viimeistely .....	35
5	PALAUTE JA KEHITYSALUEET .....	36
5.1.1	Kysely .....	36
5.1.2	Palautteen purku.....	36
6	POHDINTA.....	38
	LÄHTEET.....	39

LIITTEET .....	40
Liite 1. OH / K / R laskentatulokset sivu 1 .....	40
Liite 2. OH / K / R laskenta tulokset sivu 2 .....	41

## 1 JOHDANTO

Valaistussuunnitelmaksi ei enää riitä pelkän pohjakuvan päälle piirretyt rastit, asiakkaat kaipaavat enemmän. Jotain uutta ja ihmeellistä. Tällä hetkellä tuotamme, ainakin omasta ja asiakkaiden mielestä, hyvännäköisiä 3d-kuvia tukemaan ja selventämään ideoita kohteeseen suunnitelluista valaistusratkaisuista, mutta kun ottaa huomioon millä vauhdilla ala kehittyy, arvelen, että 3d-kuvien lisäksi kohteiden esittely virtuaalilasien avulla yleisty tulevaisuudessa.

Työn tavoitteena on selventää valaistussuunnitteluun liittyviä asioita niin, että ei-valaistusalalla työskentelevänkin olisi helppo sisäistää suunnitteluprosessin eri vaiheet ja käsitteet.

Sopiiko keittiöön spotit vai paneelit? Mitä eroa on yleisvalolla ja kohdevalolla? Mikä ihmeen värilämpötila? Näihin ja moneen muuhunkin asiakkaitamme mietityttäviin kysymyksiin pyritään tässä työssä antamaan vastaus.

## 2 VALAISTUSSUUNNITTELU

### 2.1 Valaistussuunnittelun perusidea

Valaisimien lähtökohtainen idea on antaa tarvittava määrä valoa, jotta ihminen kykenee toimimaan. Satoja vuosia sitten olimme alati vaihtelevan päivänvalon tai keuhkojen keinovalojen armoilla. Vasta kaasu- ja hehkulamppujen keksiminen mahdollisti suuren valotehon luomisen eri alueille. Näihin aikoihin alettiin myös tarkkailemaan ja tutkimaan valaistustasoa ja arvioimaan riittäviä luminanssitasoja eri tyyppisille alueille ja tehtäville. (Handbook of Lighting Design, 1992).

Työympäristöjen valaistuksessa keskitytään visuaaliseen suorituskyykyyn, joka tarkoittaa objektien ja yksityiskohtien havaitsemista. Visuaalinen suorituskyyky paranee valotehon kasvaessa, mutta 1000 luxin valaistusvoimakkuuden jälkeen häikäisy alkaa laskemaan suorituskyykyä. (Handbook of Lighting Design, 1992).

### 2.2 Ohjelmisto

Markkinoilla on useita 3d-mallintamiseen soveltuvia ohjelmistoja, mutta niiden ominaisuuksissa on paljon eroja. Esimerkiksi puhtaasti mallintamiseen, animoimiseen ja visualisointiin keskittyvät muun muassa Blender, Autodesk Maya ja 3ds Max, Cinema 4D, Modo, Houdini, SketchUp. Näitä sovelluksia käytetään useilla aloilla, muun muassa sisustus- ja kalustesuunnittelussa, elokuva- ja peliteollisuudessa sekä osittain myös valaistussuunnittelussa.

On olemassa myös teknisempiä 3d-mallinnusohjelmistoja, esimerkiksi Solidworks, Inventor, Revit, Archicad ja Autocad, jotka keskittyvät enemmän tietomallipohjaiseen mallintamiseen. Toki myös näillä sovelluksilla voidaan visualisoida 3d-malleja, mutta saatavilla olevat säädöt ja ominaisuudet voivat olla sovelluksesta riippuen hieman rajallisia.

Valaistussuunnitelmien ja valon käyttäytymisen tutkimiseen on myös omia sovelluksiaan, esimerkiksi Dialux Evo, Relux, Agi32, FocusTrack, TracePro ja Vectorworks Spotlight. Osa näistä sovelluksista keskittyy teatteri- ja esiintymisvalaistukseen, kun taas osa

kokonaisten rakennuksien valaistukseen. Valaistussuunnittelussa törmää useimmin Dialuxiin ja Reluxiin, mutta tätä varten on olemassa myös esimerkiksi Revit-sovellukseen saatava lisäosa Elumtools, jolla voidaan käytännössä suorittaa samoja laskemia suoraan Revitissä.

Laajan sovelluskirjon joukosta voi olla vaikea valita omaa käyttötarkoitusta palveleva ohjelmisto ja niihin tutustuminen on työlästä, sillä käyttöliittymät ja muut toiminnot vaihtelevat rajusti.

### 2.3 3d-mallinnus ja visualisointi

Visualisoinnin avulla voidaan hahmottaa suunniteltuja kokonaisuuksia helpommin kuin perinteisestä kaksiulotteisesta valaisinpistekuvasta. Esimerkiksi keittiökalusteisiin asennettavat valonauhat hahmottaa paremmin 3d-kuvan avulla (KUVA 1 ja KUVA 2).



KUVA 1. Kaksiulotteinen valaisinpistekuva keittiön valonauhoista. (Winled 2017)

Yllä oleva kuva on tavanomaisesta valaisinpistekuvasta, mihin on pohjakuvan päälle liitetty erilliselle tasolle dwg-kuva suunnitellun kohteen valaisinpisteistä. Talotekniikkaan, rakentamiseen tai muuhun vastaavaan koulutetut henkilöt osaavat tietysti kuvaa lukea ja

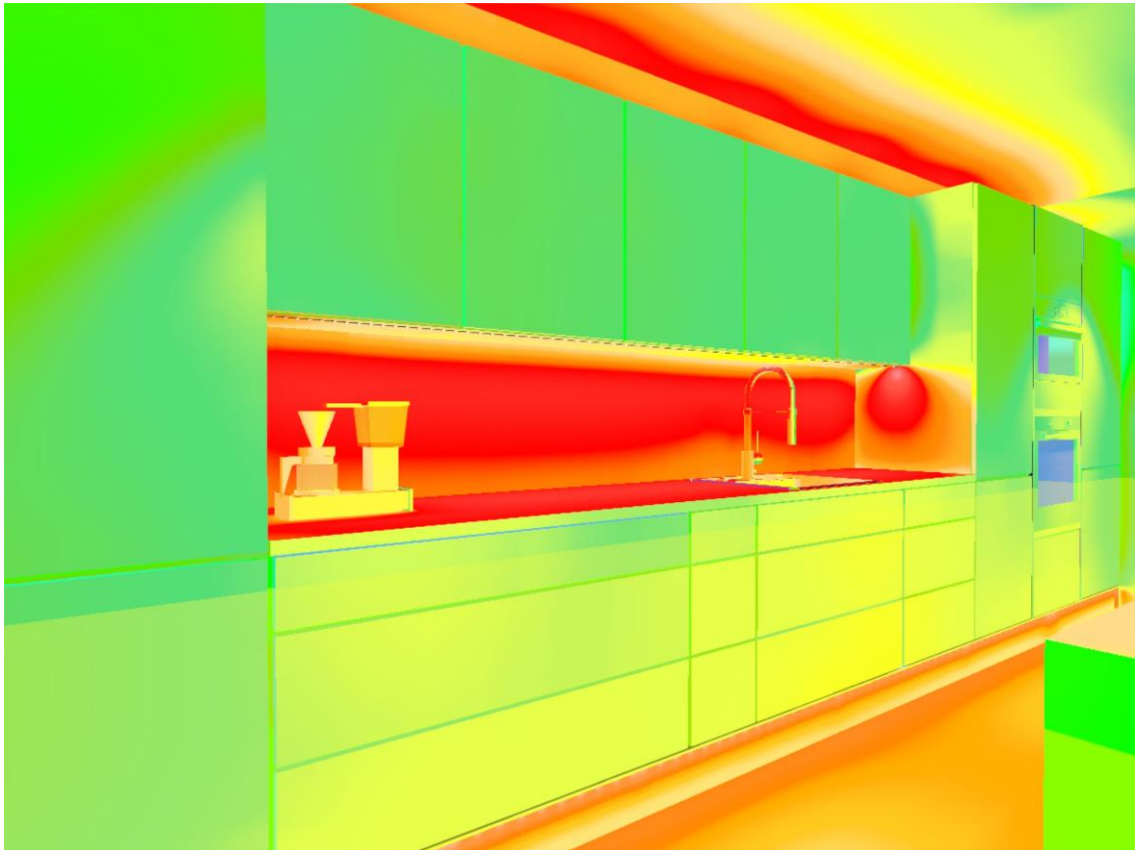


heille se onkin melko yksiselitteinen, mutta henkilöillä joilla ei ole teknistä koulutustausta ja teknisten dokumenttien lukutaitoa, voi tilan hahmottaminen olla haasteellista.



KUVA 2. Dialux Evolla otettu 3d-kuva samaisesta keittiöstä. (Winled 2017)

Yllä on Dialux Evolla visualisoitu kuva samasta keittiöstä. On varsin selvää, että alemmasta kuvasta saa paremman mielikuvan keittiöön suunnitellusta epäsuorasta valaistuksesta. Visualisoinnin avulla voidaan myös tarkastella materiaalien yhteensopivuuksia keskenään.



KUVA 3. Vääräväri kuva samasta keittiöstä. (Winled 2017)

3d-malleista on Dialux Evon avulla myös mahdollista ottaa väärävärικuvia, jonka avulla voidaan tarkastella kohteen valaistusvoimakkuuden jakautumista mallinnetuille tasoilla.

### 2.3.1 Hyödyt

Visualisoinnin avulla on mahdollista havainnollistaa kirjallisesti tai suullisesti vaikeasti kuvailtavia asioita paljon nopeammin. 3d-mallintaminen on noussut monella toimijalla tärkeäksi osaksi suunnitteluprosessia, sillä sen avulla voidaan tutkia mallinnettujen kohteiden ja laitteiden käyttäytymistä, visuaalista ilmettä sekä teknisiä ominaisuuksia ennen kuin mallista on konkreettista prototyyppiä.

Valaistussuunnittelussa 3d-mallintaminen ja kohteen visualisointi on mahdollistanut eri valaistusratkaisujen tutkimisen jo ennen kuin tontilla on edes kaivettu kuoppaa perustuksille. 3d-mallien avulla voidaan myös helposti tarkastella valaistusvoimakkuuksia, niiden jakautumista pinnoille ja muita teknisiä ominaisuuksia (mm. muodonanto, tasaisuus) ennen kuin kohdetta on edes alettu rakentamaan.

### 2.3.2 Haasteet

Uusia ominaisuuksia ja ohjelmistoja tulee koko ajan lisää päivitysten ja lisäosien muodossa. Pysyäkseen kilpailukykyisenä, tulee 3d-suunnitteluohjelmia käyttävien työntekijöiden opiskella ja seurata alan kehitystä jatkuvasti, etteivät he putoa kehityksen kelkasta pois.

3d-mallinnusohjelmien käyttö vaatii usein tavanomaista parempaa tietoteknistä osaamista ja osittain jonkinlaista taiteellista näkemystä, joten niiden käyttöä tulee harjoitella ja opiskella jatkuvasti. 3d-mallintaminen vie myös enemmän aikaa kuin kaksiulotteisten suunnitelmien tekeminen ja tästä syystä onkin syytä miettiä, kuinka tarkasti kohteita mallinetaan: isompien kiintokaluisteiden vaikutus valon käyttäytymiseen on paljon suurempi kuin ympäri taloa ripoteltujen 3d-mallinnettujen tuoksukynttilöiden.



KUVA 4. 3d-sovelluksien määrä voi aiheuttaa päänvaivaa sopivaa työkalua etsiessä. (Blender.org 2017)

### 3 ASUINRAKENNUKSIEN VALAISTUSSUUNNITTELU

#### 3.1 SUUNNITTELUN LÄHTÖKOHDAT

Kodin valaistuksen voidaan ajatella koostuvan kolmesta eri tasosta: yleisvalaistuksesta, työvalaistuksesta sekä korostavasta valaistuksesta. Kun suunnittelussa huomioidaan nämä kolme tasoa, saadaan luotua toimiva, tarpeita palveleva sekä silmää miellyttävä valaistus. (Basics of Lighting Design, 2017)

Yleisvalaistus mielletään auringon valon ja sitä tukevan valaistuksen yhdistelmäksi. Suomessa ja muissa pohjoisissa maissa yleisvalaistuksen tärkeys korostuu pitkän ja pimeän talven myötä, joten tähän on syytä kiinnittää jo suunnittelu vaiheessa huomiota.

Yleisvalaistuksella pyritään valaisemaan tilat niin, etteivät valot häikäise häiritsevästi sekä niin, että valotehoa on sopivasti turvalliseen kulkemiseen tilojen lävitse. Erilaisten valokattojen, -elementtien ja epäsuoran valaistuksen käyttö yleisvalaistuksessa on kasvanut viime vuosina rajusti. Epäsuora valaistus luo tilaan miellyttävän, pehmeän valaistuksen eikä valokaan häikäise, sillä valonlähde on piilossa. (Basics of Lighting Design, 2017)

Alla esimerkki kuva Line Architects'n suunnittelemasta Piano Housesta Moldovassa, jossa on käytetty epäsuoraa valoa käytävän valaisemiseen. Valoa jakautuu tilaan pehmeästi ja tilassa näkee hyvin kulkea eteensä.



KUVA 5. Piano House Moldova, [www.archdaily.com](http://www.archdaily.com)

Työvalaistuksella tarkoitetaan asuinrakennuksia suunniteltaessa käytännössä keittiön ja kodinhoitohuoneen työtasoja, mutta työvalaistukseen voidaan lukea mukaan myös tilat, joissa tehdään jotain tarkempaa, esimerkiksi vaikka luetaan, opiskellaan tai vaikka meikataan. Kuten yleisvalaistuksenkin, myös työvalaistuksen tulisi aiheuttaa mahdollisimman vähän kiusahäikäisyä ja olla tasainen, etteivät silmät rasitu suurien valaistusvoimakkuuserojen takia. (Basics of Lighting Design, 2017)

Kohde- ja kalustevalaisimilla luodaan tilaan tunnelmaa ja kohdistetaan katsojan huomiota. Tyypillisiä kohteita korostavalle valaistukselle on arkkitehtuurilliset yksityiskohdat, erilaiset kaapistot, veistokset sekä muu seinätaide. (Basics of Lighting Design, 2017)

Alla esimerkkikuva korostavasta valaistuksesta: portaikkoon on saatu ilmettä ja tunnelmaa tekemällä seinälle syvennykset, jotka on valaistu kukin erillisellä kohdevalaisimella.



KUVA 6. Syvennyksissä olevat valot korostavat kasveja ja tekevät portaikosta visuaalisesti mielenkiintoisen. [www.pinterest.com](http://www.pinterest.com)

### 3.2 VALAISTUSVOIMAKKUUS ERI TILOISSA

Omakotitalokohteiden valaistukseen ei varsinaista standardia ole, joten valaistusvoimakkuudet eri tiloissa voi vaihdella sekä omien mieltymysten mukaan, että suunnitelmaa tekevän suunnittelijan näkemysten mukaan.

Sisävalaistusstandardi SFS-EN 12464-1:2011:ssä on määritelty valaistusvaatimukset yleisten tilojen, alueiden sekä tehtävien mukaan ja osaa näistä voidaan soveltaen käyttää myös asuinrakennusten valaistukseen. Alla listaus valaistusvoimakkuuksista eri tiloissa, joita itse olen mieltänyt hyväksi lähtökohdaksi valaistussuunnitelmaa tehdessä.

TAULUKKO 1. Valaistusvoimakkuudet eri tiloissa.

<b>TILA</b>	<b>VALAISTUSVOIMAKKUUS</b>
Keittiö	250-300 lux
Olohuone	150-200 lux
Makuuhuoneet	100-150 lux
Kodinhoitohuone	250-300 lux
Käytävät	50-100 lux
Pesuhuone	100-150 lux
Varastot, tekninen tila yms	100-150 lux
Eteinen, pukeutumishuone yms	150-200 lux

### 3.3 VALAISTUSSUUNNITELUN TYÖNKULKU

Tässä osiossa käydään lävitse tyypillisen omakotitalokohteen valaistussuunnitelman eri vaiheet. Esimerkki suunnitelmana toimii hieman vajaa 200 m<sup>2</sup> kolmikerroksinen omakotitalo johon suunnitellaan sisä- ja julkisivuvalaistus.

Valaistussuunnitelmaa tehdessä on käytetty varsinaisen suunnitelman tekemiseen Dialux Evo 7.1 versiota sekä valaisinpistekuvien tekemiseen Draftsight ohjelmistoa. Photoshop kuvankäsittelyohjelmistoa on käytetty ainoastaan 3d-kuvien rajaamista varten, tähän tarkoitukseen käy mikä tahansa muu ohjelmistokin, esimerkiksi ilmainen Gimp.

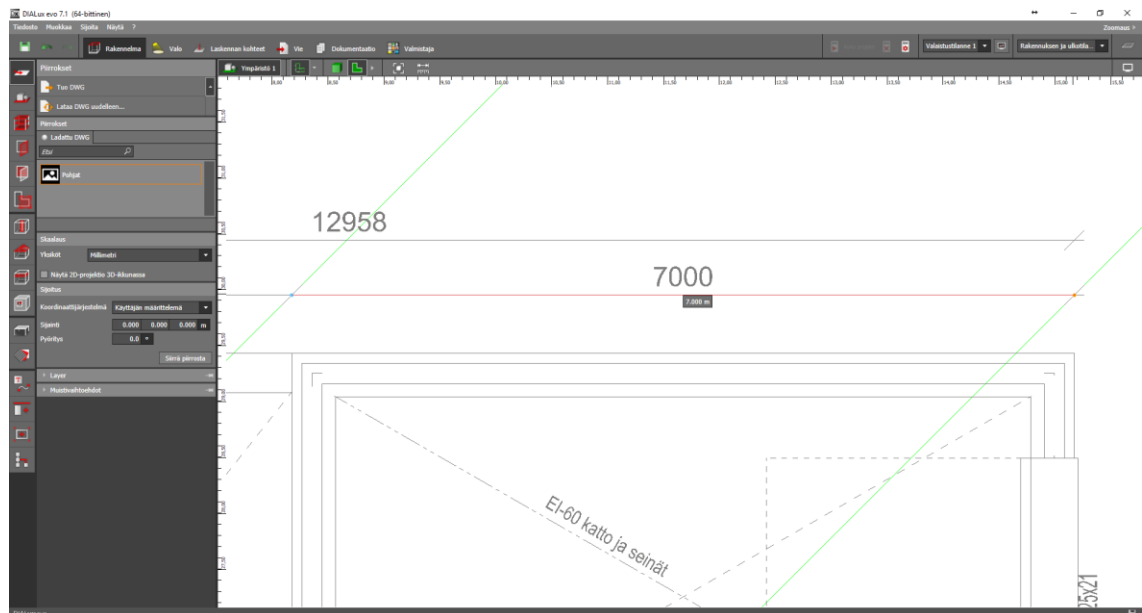
### 3.3.1 Lähtötiedot

Asiakkaan puolesta valaistussuunnitelman suhteen saatiin varsin vapaat kädet, mutta muutamia toivomuksia puhelunkeskustelumme pohjalta heräsi. Olohuoneeseen ja ruokapöydän päälle tulisi jättää varaus riippuväläisistä varten, portaat haluttiin valaistavan hie- man tavanomaisesta poiketen ja epäsuora valo kiinnosti.

Lähtökohtana oli hyvä yleisvalo koko asunnossa sekä hyvä työvalo paikoissa joissa se oli järkevää. Yleisvalon lisäksi suunnitelmassa on pyritty valon avulla luomaan muutamia kiinnostavia kiintopisteitä. Olohuoneesta yleisvalaistus on jätetty huoneen keskelle tule- valla riippuväläisimelle ja keskitytty kontrastin luomiseen kohdevalojen ja valonauhan avulla.

### 3.3.2 Suunnitelman aloitus

Varsinaisen valaistussuunnitelman teko voidaan aloittaa, kun asiakkaan kanssa on käyty läpi suunnitelman raamit ja heidän toivomuksensa valaistuksen suhteen. Ensimmäinen askel suunnitelman suhteen otetaan tuomalla dwg-muotoinen pohjakuva Dialux Evoon ja tarkastamalla sen skaalaus.



KUVA 7: Skaalauksen tarkistaminen pohjakuvasta. (Winled 2017)

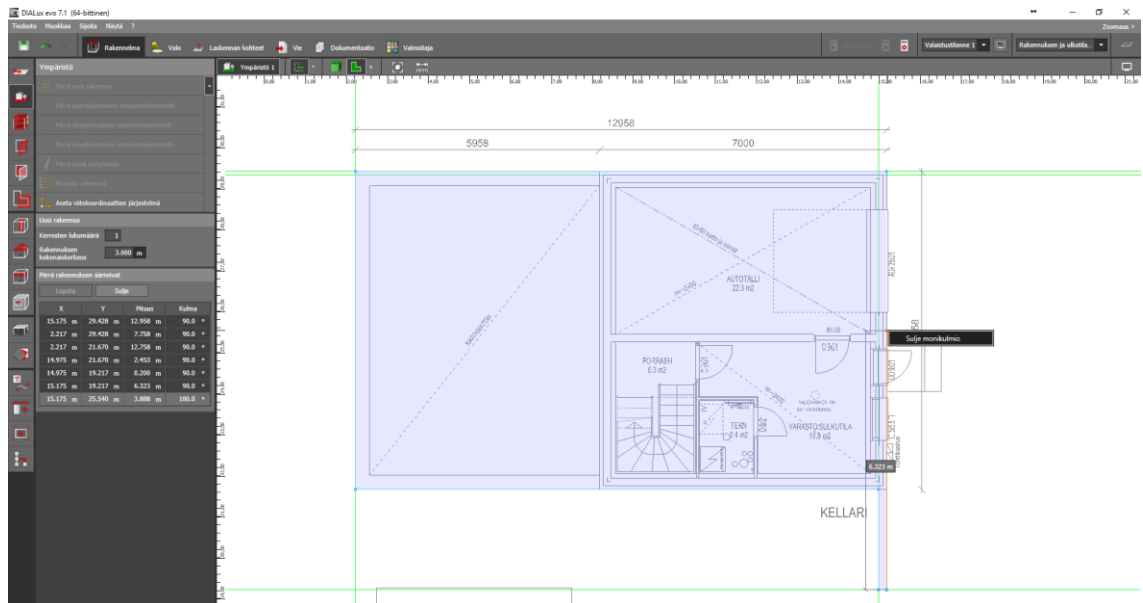
Mittaamalla tuodusta pohjakuvasta jokin annettu mitta mittatyökalun avulla, voidaan tarkastaa, että pohjakuva on tuotu Dialuxiin oikeassa mittakaavassa. Tällä kertaa pohjakuva



tuli suoraan oikeassa mittakaavassa, joten skaalaukseen ei tarvitse tehdä mitään muutoksia.

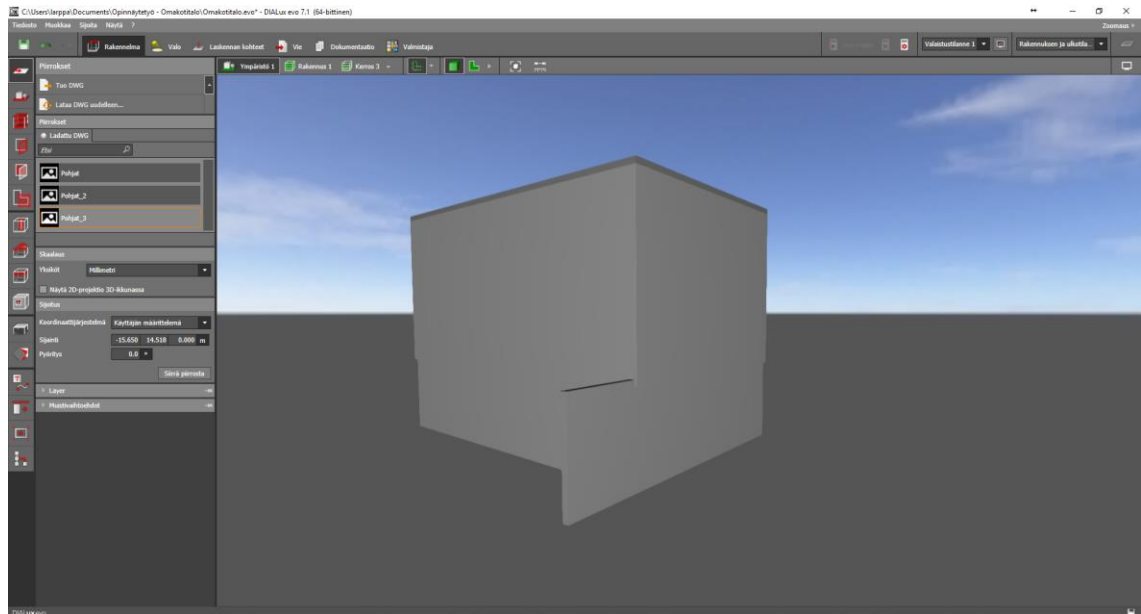
### 3.3.3 Ulko- ja sisäseinät

Kun kyseessä on monikerroksinen kohde, on järkevintä aloittaa ulkoseinien ja kerrosten teko alimmasta kerroksesta. Ensiksi luodaan kellarikerroksen ulkoseinät rakennuksen ääriiviivojen piirtotyökälulla.



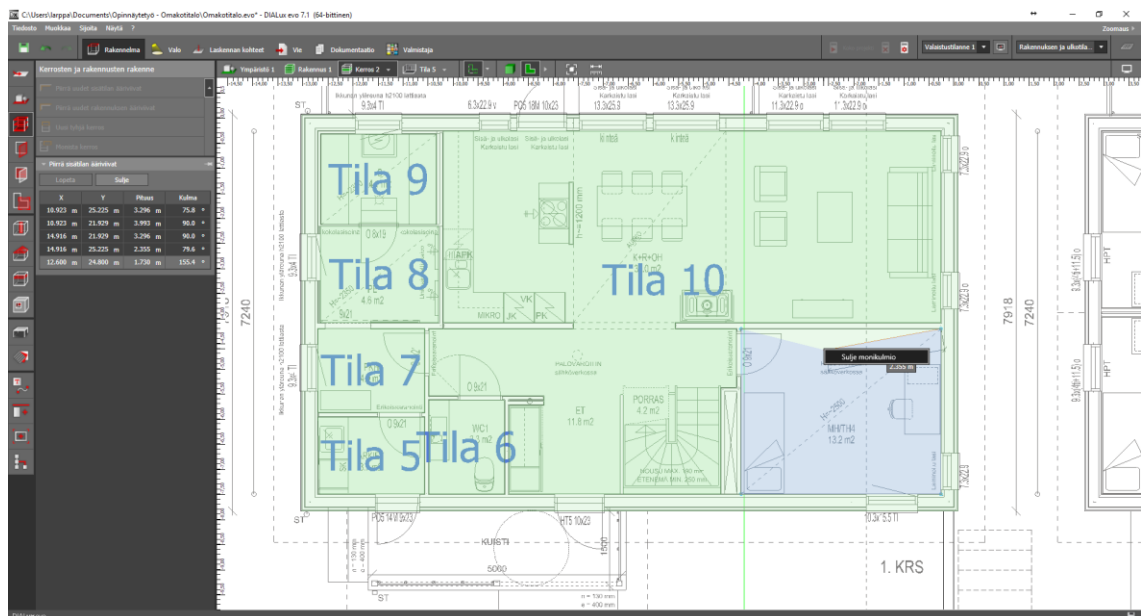
KUVA 8: Kellarin ulkoseinät. (Winled 2017).

Seuraavaksi voidaan monistaa kellarikerroksen ulkoseinät seuraavaan kerrokseen ja. Tapauksissa, joissa kaikkien kerrosten pohjakuvat ovat samassa dwg-tiedostossa, kannattaa varsinaisesta pohjakuva tiedostosta tehdä kopiot eri kerroksille. Näin toimimalla saadaan Dialuxin puolella kerroskohtaiset pohjakuvat siirrettyä päällekkäin ja 3d-mallin kerroksien ulkoseinät osuvat kohdilleen. Portaiden suuntanuoli on hyvä kohdistuspiste pohjakuvien linjaamiseksi. Kun toisen kerroksen pohjakuva on siirretty oikealle paikalle, voidaan ulkoseinien geometriaa muokata ja siirrellä oikeisiin paikkoihin. Tämä sama operaatio toistetaan vielä kertaalleen kolmannen kerroksen kohdalla.

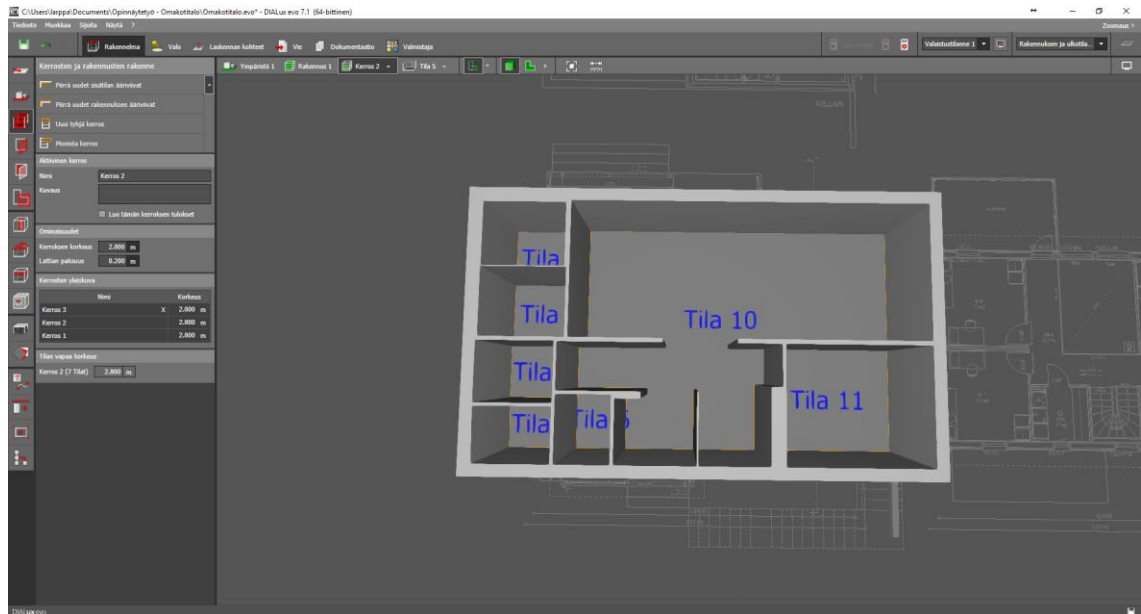


KUVA 9: Ulkoseinät valmiit. (Winled 2017)

Ulkoseiniä mallintamisen jälkeen voimme siirtyä sisäseinien ja huoneiden mallintamiseen. Sisätilan ääriiviiva-työkalun avulla piirretään jokaisen kerroksen huoneet yksitellen. Isommat tilat, tässä tapauksessa olohuone, keittiö ja eteinen joita ei ole rajattu ovilla voidaan tehdä yhdeksi isoksi huoneeksi, tai tehdä jokainen omaksi huoneeksi ja puhkoa seinät aukko-työkalun avulla.



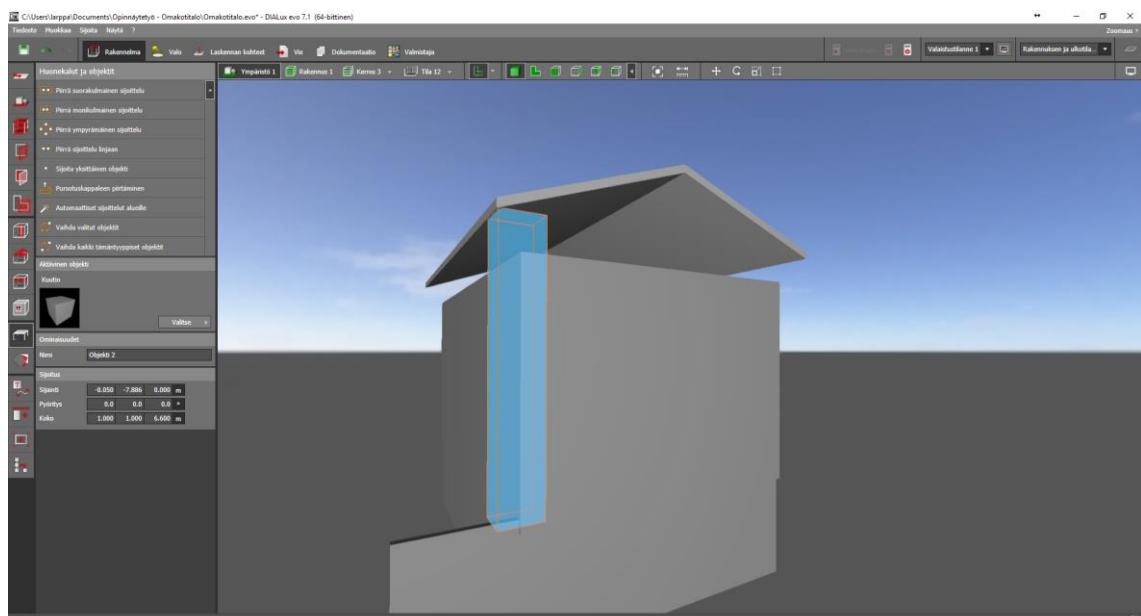
KUVA 10: Ulkoseiniä mallintamisen jälkeen piirretään asunnon huoneet. (Winled 2017)



KUVA 11: Huoneet kolmiulotteisena. (Winled 2017)

### 3.3.4 Ikkunat, ovet ja katto

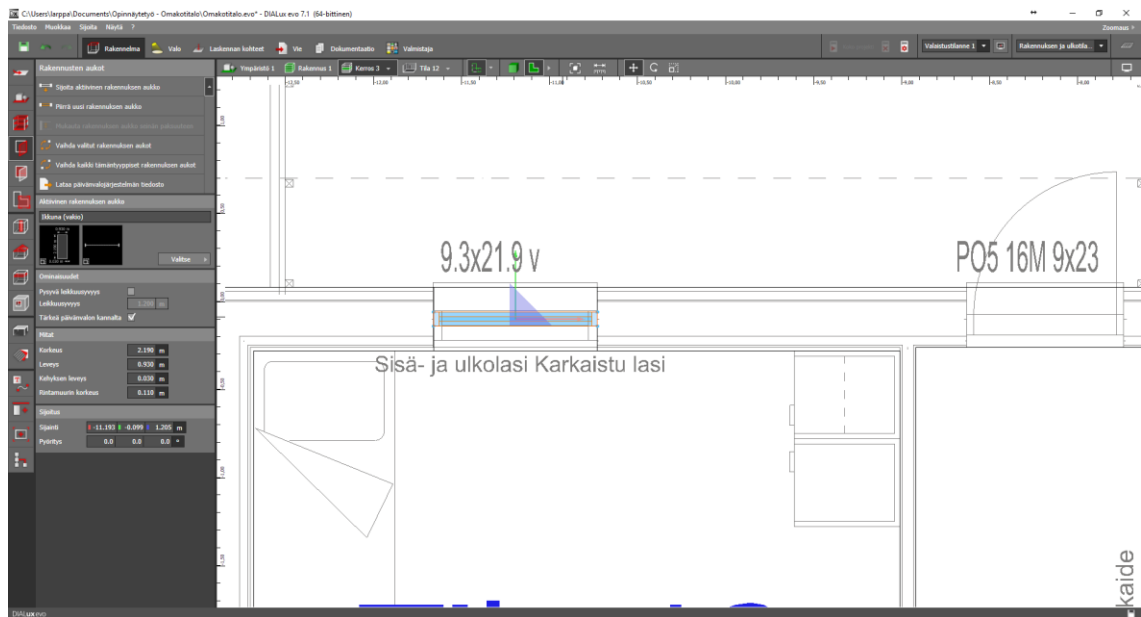
Ulko- ja sisäseinien mallintamisen jälkeen on seuraavana vuorossa katto. Ennen katon tekemistä kannattaa kuitenkin leikkauskuvasta tarkastaa huoneiden ja räystään korkeudet ja merkata ne Dialuxiin ”Kerrokset ja kerrosten rakenne” välilehdelle. Katon saa näppärästi oikeaan korkoon tekemällä esimerkiksi ensimmäiseen kerrokseen lattiatasolle kuution ja laittamalla sen korkeudeksi leikkauskuvassa ilmoitettu räystään korkeus. Tämän mittakuution avulla katon räystääs on helppo sijoittaa oikealle paikalle.



KUVA 12: Katto oikeaan korkoon kuution avulla. (Winled 2017)

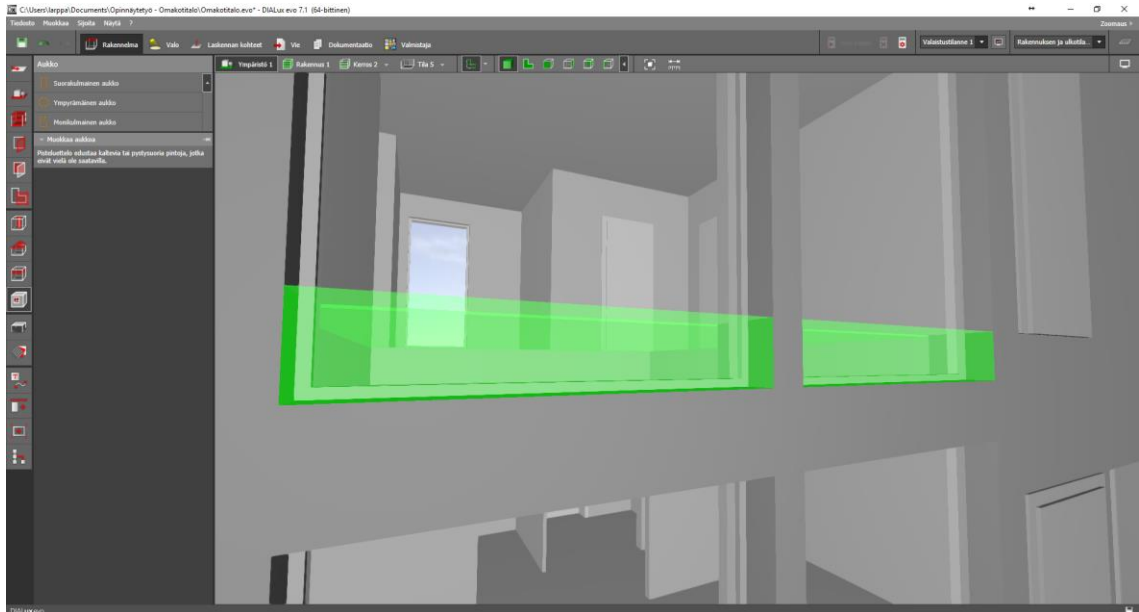
Kolmannen kerroksen korkeus on mitoitettu kerros-välilehdelle sen sisäkaton mukaan, hieman päälle kahteen ja puoleen metriin. Katon ja seinien liittämiseen on kaksi tyyliä: kolmannen kerroksen korkeuden voi mitoittaa reilusti yli, sillä Dialux leikkaa seinät automaattisesti kun ne kohtaavat katon. Toinen tapa on tehdä neljäs, ylimääräinen kerros mallinukseen, jolloin Dialux leikkaa ylimääräisen kerroksen seinät katon kohdatessa.

Ikkunoiden ja ovien mallintaminen on varsin yksiselitteistä puuhaa. Pohjakuvassa näkyy kokomerkinnit ja näitä noudattamalla sijoitellaan koko asuntoon ikkunat ja ovet oikeille paikoille.



KUVA 13: Ikkunat ja ovet saadaan sijoitettua malliin ”Rakennusten aukot” välilehdeltä. (Winled 2017)

Dialux ei osaa leikata ikkunalle aukkoa sen ylittäessä kerrosten välisen lattian rajan. Tämä ei yleensä ole mikään ongelma, mutta usein korkeissa tiloissa ikkunoiden yläreunat ovat korkeammalla kuin kyseisen kerroksen sisäkatto. Ongelma ratkaistaan aukko-työkalun avulla.



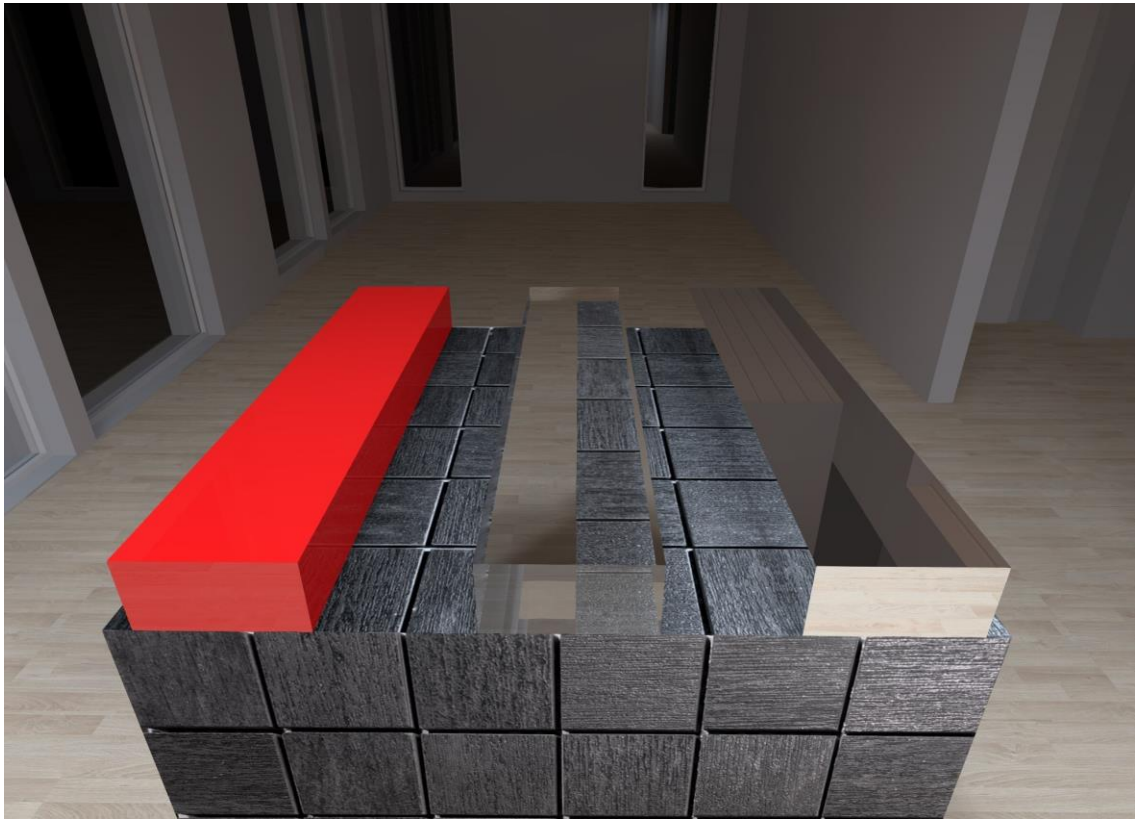
KUVA 14: Korkean tilan ikkunat. (Winled 2017)



KUVA 15: Ikkunat ja ovet paikallaan. (Winled 2017)

### 3.3.5 Materiaalit

Materiaalit välilehdeltä voidaan luoda ja muokata 3d-malliin tulevia ja jo olemassa olevia materiaaleja. Tekstuurimateriaaleiksi käyvät seuraavat tiedostomuodot: .jpg, .jpeg, .png ja .bmp. Materiaalien avulla 3d-mallista ja myöhemmin renderöidyistä kuvista saadaan visuaalisesti mielenkiintoisemman ja myyntiä edistävemmän näköisiä.



KUVA 16: Eri tyyllisiä materiaaleja: Lasia, metallia, laattaa ja kiiltolakattu punainen. (Winled 2017)

Suunnitelman aloituksen ohessa kävimme asiakkaan kanssa lävitse sisustuksen ja värimaailman pääsääntöiset suuntaviivat, joita pyrin noudattamaan materiaalivalinnoissani. Värimaailmaltaan sisustuksesta tulee varsin neutraali ja skandinaavinen.

Tässä vaiheessa uuden materiaalipinnan saavat lattia, katto ja ulkoseinät. Ennen siirtymistä yleisvalaistuksen suunnitteluun, on järkevää mallintaa suuremmat kiintokalusteet paikalleen kuten portaat, keittiön, kodinhoitohuoneen ja wc-tilojen kaapistot, isommat vaatekaapit ja muut suuremmat elementit, jotka vaikuttavat valaistukseen.

### 3.3.6 Yleisvalaistus

Yleisvalaistus kannattaa tehdä ennen raskaampien 3d-mallien tuontia suunnitelmaan laskenta-aikojen minimoimiseksi ja jättää kalusteisiin tulevien valonauhojen sekä muut epäsuorat valaistusratkaisut kalustus / viimeistely vaiheeseen. Tietenkin, jos jonkin tilan pääasiallinen valon lähde on esimerkiksi valokatto tai tilan katonrajaa kiertävä valonauha, lisätään ne muiden yleisvalaisimien kanssa tässä vaiheessa.

Yleisvalaisimena toimii Winledin Kanna valopaneeli, pääasiassa 12 W tehoisena pois lukien pesuhuone, jossa olen käyttänyt 6 W versiota. Kohdevalaisimena toimii Winledin Spectri 8 W ja korkean tilan yleisvalona Winledin 60x60 Eden valopaneeli.



KUVA 18: Kanna 12 W, 4000K

Kanna valaisimessa on varsin laaja 120 asteen säteilykulma, joten se sopii hyvin yleisvalaisimeksi. Upotussyvyyttä valaisin tarvitsee vain 30 mm ja IP-luokka valaisimessa on IP44.



KUVA 19: Spectri 8W, 4000K.

Kohdevalaisimeksi valitussa suunnattavassa Spectrissä säteilykulma on 36 astetta. Asennussyvyys tällä valaisimella on 65 mm ja IP-luokitus IP44.



KUVA 20: Eden 60x60, 4000K.

Korkeaan tilaan valittiin yleisvaloksi Eden 60x60 valopaneeli. IP-luokitus tällä paneelilla on IP44. Asennus tehdään magneettikiinnikkeillä, neljä kappaletta per paneeli.

Kun mallissa ei ole vielä niin sanottuja koristeellisia 3d-malleja, tuloslaskelmat ovat varsin nopeita, joten erilaisten valaisin layouttien testailu on nopeaa: koko talon yleisvalaistus, julkisivun valaistuksen ja kiintokalusteiden sisältävä mallini laskee tulokset puolesatoista minuutissa.



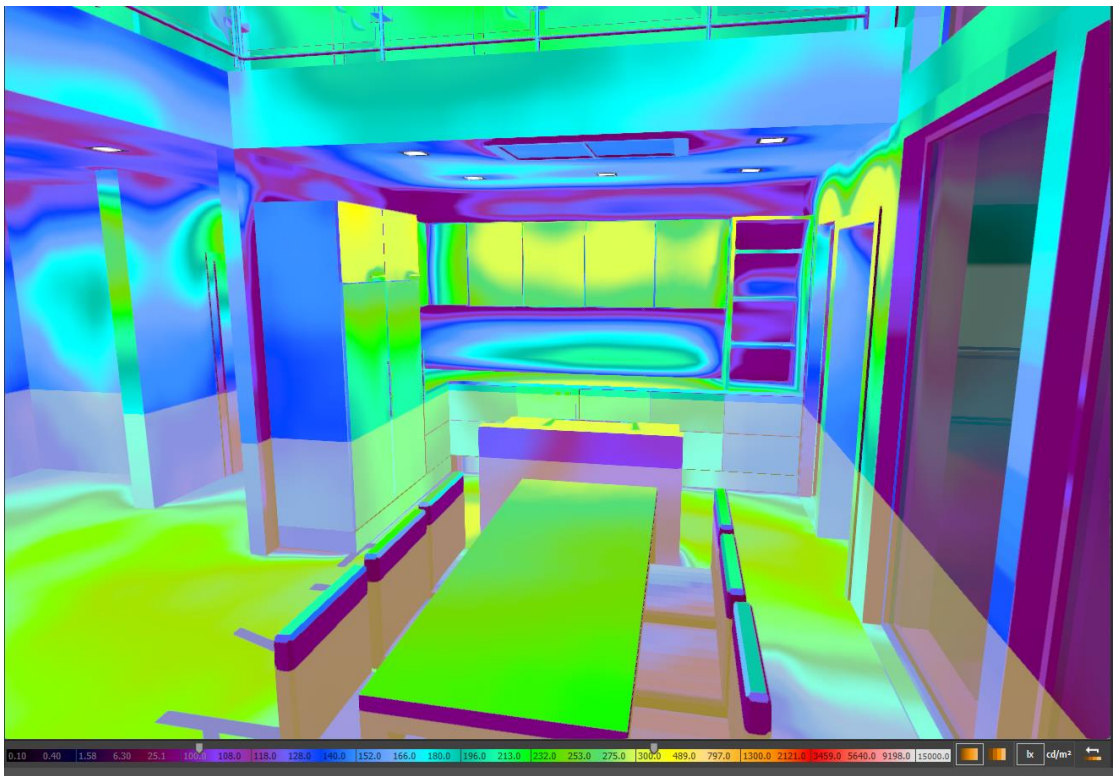
KUVA 21: Keittiön yleisvalaistus. (Winled 2017)





KUVA 22: Julkisivu kuva kohteesta. (Winled 2017)

Väärävärin avulla voidaan nopealla silmäyksellä tarkastaa valaistusvoimakkuus tasoja. Kun yleisvalaistus on kunnossa, voimme alkaa koristelemaan asuntoa edustavamman näköiseksi 3d-kuvia varten ja lisäilemään erikoisempia valaistusratkaisuja.



KUVA 23: Väärävärikuva keittiöstä ja ruokailutilasta.

### 3.3.7 Kalustus

Dialuxista löytyy valmiita 3d-malleja mitä voi halutessaan hyödyntää sisustuksessa. Ohjelmistoon on myös mahdollista tuoda jollain muulla ohjelmistolla mallinnettuja malleja .3ds-tiedostomuodossa. 3d-malleja tuodessa on kuitenkin pidettävä mielessä, että mitä raskaampia tiedostoja malliin tuodaan, sitä kauemmin Dialux suorittaa valaisinten tuloslaskelmia.

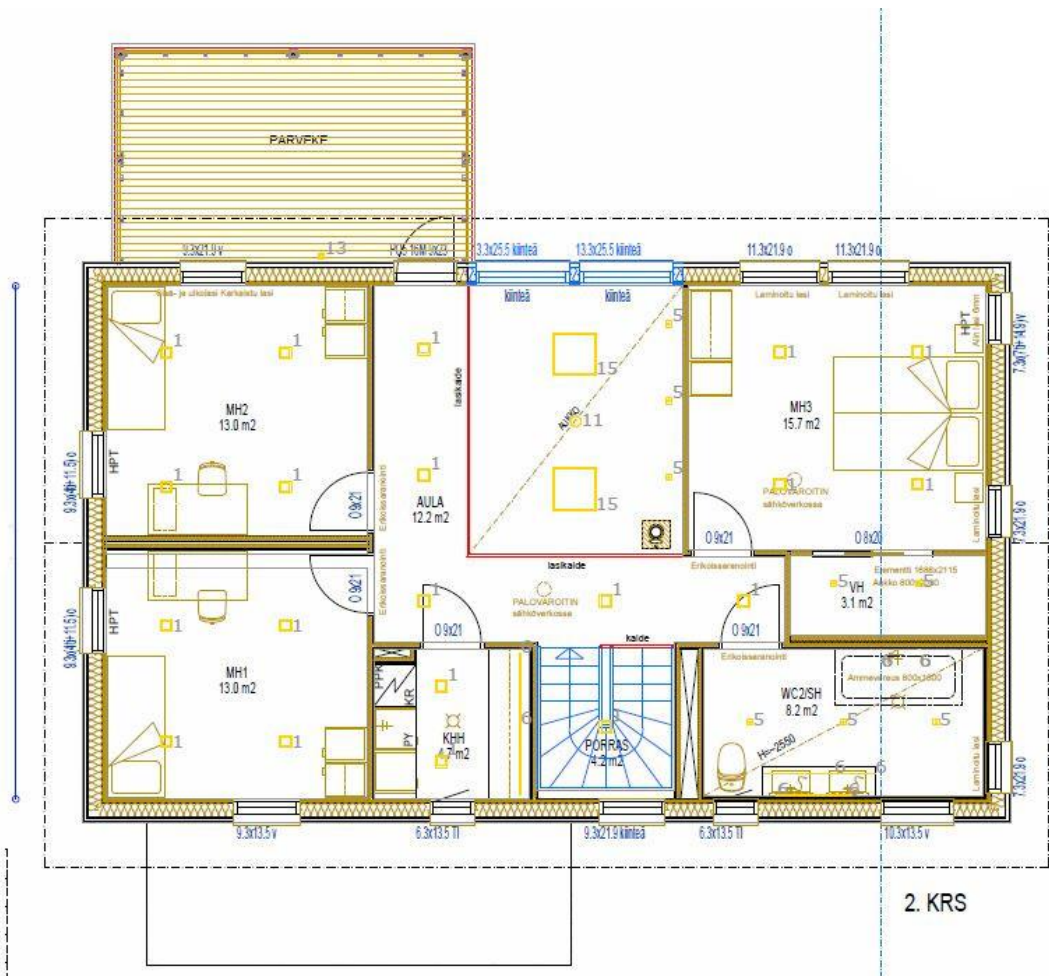
Portaiden mallintaminen Dialuxissa on varsin työlästä puuhaa, mikäli aikeissa on mallintaa portaisiin kaiteet laseineen. Archicadin porrastyökalu on osoittautunut varsin käteväksi, sillä Archicadista saa vietyä 3d-mallin .3ds muodossa pihalle ja tuotua sen Dialuxiin.



KUVA 23: Archicadista tuodut portaat Dialuxissa. (Winled 2017)

### 3.3.8 Viimeistely

Kun suunnitelma on hiottu valmiiksi, voidaan aloittaa valaistussuunnitelman dokumenttien laatiminen. Winledillä asiakkaalle toimitetaan valaistussuunnitelmasta valaisinpistekuvat, valaistustekniset tulokset, 3d-kuvat suunnitelmasta sekä mahdollinen listaus valonauhoista. Liitteissä 1 ja 2 on ote valaistuslaskennan tuloksista.

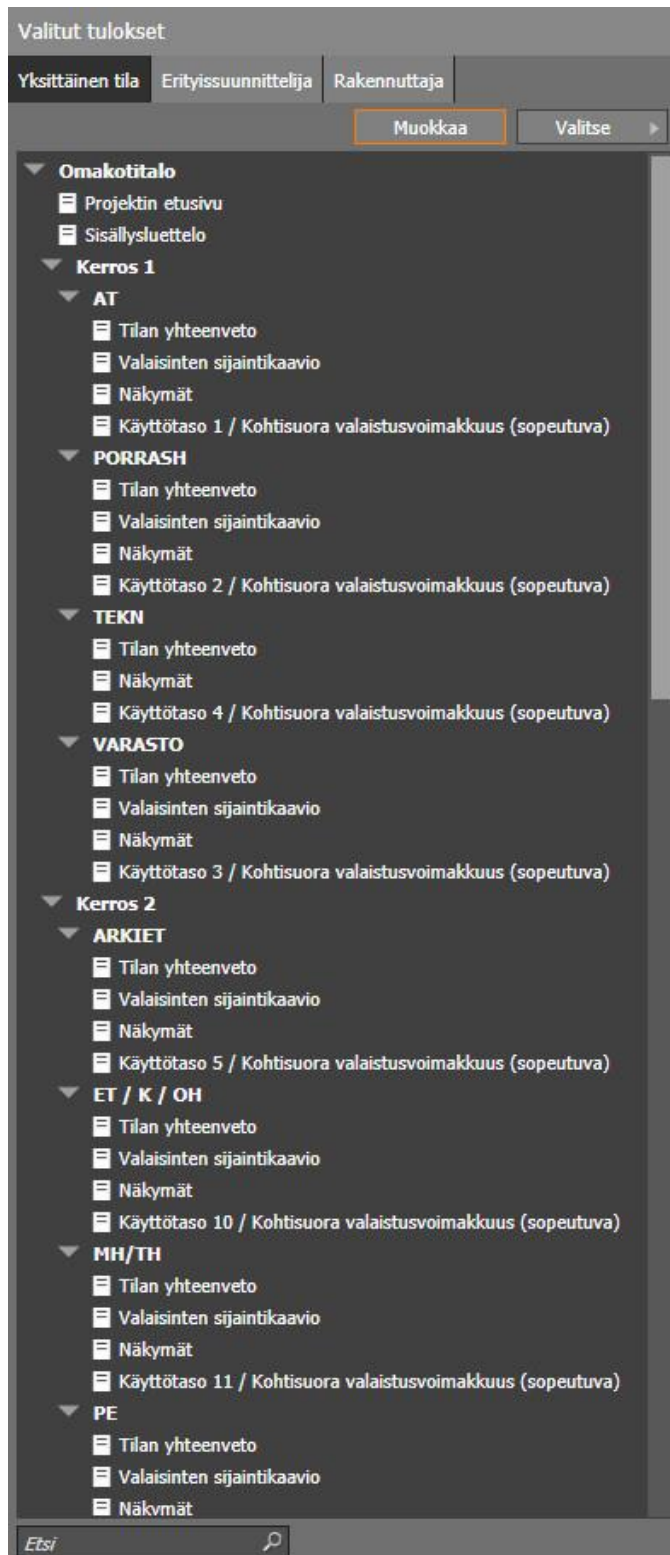


KUVA 24: Ote valaisinpistekuvasta. (Winled 2017)

Valaisinpistekuvasta selviää kohteen valaisinten sijoittelu ja lukumäärät. Pistekuvaan voi viiteviivoin merkitä sähkösuunnittelijaa auttavia tietoja, kuten seinävalaisinten korkeuksia tai lisätietoa erikoisemmista valonauhoilla toteutettavista valaistusratkaisuista.

Valaisinpistekuvan lisäksi asiakkaalle toimitetaan valaistustekniset tulokset kohteesta. Tuloksista selviää erikseen kunkin huoneen valaistusvoimakkuustasot isolux käyrien,

väärävärικuvan sekä arvorasterin avulla. Dialux luo jokaiseen mallinnettuun huoneeseen automaattisesti laskentatason joka kantaa dokumentaatio välilehdellä nimitystä käyttötaso. Käyttötason valitsemisen jälkeen edellä mainitut valaistusvoimakkuuden esitystavat tulostuvat huonekohtaisesti valaistusteknisten tulosten dokumentaatioon.



KUVA 25: Dokumentaation puunäkymä. (Winled 2017)

## **4 TEOLLISUUS KOHTEEN VALAISTUSSUUNNITTELU**

Teollisuuskohteen valaistussuunnittelu aloitetaan samalla tavalla kuin asuinrakennuksien suunnittelu, tuomalla pohjakuvat Dialuxiin ja mallintamalla kohteen ulko- ja sisäseinät. Asuinrakennuksen suunnittelusta poiketen, ainakaan Winledillä, ei teollisuuskohteiden koristeluun ja elävöittämiseen käytetä kovinkaan paljon työaika, vaan näissä suunnitelmissa keskitytään tarkemmin valaistusteknisiin standardeihin ja niiden vaatimuksiin.

### **4.1 Standardit**

Teollisuuden kohteisiin sekä julkisiin rakennuksiin ja toimitiloihin sovelletaan eurooppalaista sisätilojen työkohteiden valaistus standardia SFS-EN 12464-1. Standardi määrittelee sisätyötilojen valaistusvaatimuksia moniin eri työtehtäviin ja -alueisiin.

#### **4.1.1 Valaistusvoimakkuus**

Valaistusvoimakkuuden yksikkö on luks (lx) ja se kuvaa valolähteen voimakkuutta valaistavalla pinnalla. Lampun valovirta, valaisimen optiikka sekä valaistavan pinnan etäisyys valonlähteestä vaikuttavat kaikki valaistusvoimakkuuteen. (Luminous Existence, 1994)

Jos ajatellaan, että valovirta pysyy vakiona, on valaistusvoimakkuus tällöin kääntäen verrannollinen pinta-alaan. Mitä laajemmalle alueelle valovirta levittyy, sitä heikommin se valaisee pinnan. (Luminous Existence, 1994)

#### **4.1.2 Tasaisuus**

Alueen valaisussa tulee ottaa huomioon luminanssit ja luminanssierot. Hyvän luminanssijakauman saamiseksi tulee välttää liian suuria luminansseja ja pitää huoli siitä, ettei alueelle tule liian suuria luminanssieroja. Valaistus ei saa olla myöskään liian tasainen, jolloin ihmisten ja esineiden tekstuuri ja muodot katoavat. On myös pidettävä huolta siitä, ettei tilaan tule suurta määrää teräviä varjoja. (SFS-EN 12464-1:2011)

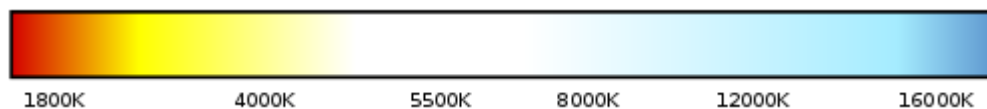
Valaistuksen luomia kontrasteja ja varjoja voidaan mitata muodonannolla, joka on sylinterivalaistusvoimakkuuden (sylinterin pystyseinille tulevan vaakasuora valo joka suunnasta) ja vaakatason valaistusvoimakkuuden (suoraan ylhäältä vaakatasolle tuleva valo) suhde. Valaistusstandardi SFS EN 12464-1 määrittelee muodonannon hyväksi silloin, kun tämä suhde on 0,3 – 0,6. (SFS-EN 12464-1:2011)

### 4.1.3 Häikäisy

Häikäisyä esiintyy, jos katselijan näkökentässä luminanssitasossa tai -jakaumassa esiintyy sopimattomuuksia tai ne vaihtuu liian nopeasti. UGR-luvulla kuvataan kiusahäikäisyä ja standardissa SFS-EN 12464-1-2001 esitetään eri tilojen UGR:lle maksimiarvot. (What is UGR, 2017)

### 4.1.4 Värilämpötila

Valaisimien värilämpötilaa mitataan kelvin (K) asteissa ja se määritellään mustan kappaleen säteilemän lämpötilan avulla. Mitä pienemmistä kelvin arvoista on kyse, sitä keltaisemmalta valo näyttää. Korkeammat värilämpötilat alkavat tietyn pisteen jälkeen sinertämään.



KUVA 26. Värilämpötila esitettynä värien avulla. Wikipedia 2010.

Tyypilliset polttimot, joita myydään suuressa osassa tavarataloja, ovat värilämpötilaltaan 2000K – 3000K. Tälle välille sijoittuvaa värilämpötilaa kutsutaan lämpimäksi (lämmin valkoinen) ja se luo rauhoittavan, kutsuvan ja intiimin tunnelman.

3100K – 4500K värilämpötilaa sovelletaan usein työpaikoille, tavarataloihin, toimistoihin sekä yleisiinpaikkoihin. Asteikon alkupään värilämpötila on hieman kellertävä, kun taas loppupää puhtaan valkoinen. Tätä väliä kutsutaan neutraaliksi ja se luo kirkkaan, energisen valaistuksen.

4600K – 6500K värilämpötilaa sovelletaan teollisuudessa, sairaaloissa, näyttelytiloissa ja muissa tarkkuutta vaativissa paikoissa.

#### 4.1.5 Värintoisto

Ra-indeksillä kuvataan sitä, kuinka luonnollisena eri värit toistuvat valonlähteen valossa. Indeksien suuruus on prosentuaalinen, 0-100%, ja se kuvaa kuinka lähellä luonnolliseksi havaittua valon spektriä kyseinen valonlähde on. Erityyppisille tehtäville, tiloille ja toimintoille on määritelty vähimmäisvaatimukset sisävalaistusstandardissa SFS-EN 12464-1-2011. (Light Bulb Facts, Lumens)

TAULUKKO 2. Värintoistoluokat

Värintoistoluokka	Värintoisto-ominaisuudet	R <sub>a</sub>
1A	loistavat	> 90
1B	erittäin hyvät	80-90
2	hyvät	60-80
3	tydyttävät	40-60
4	välttävät	20-40

## 4.2 ESIMERKKI KOHDE

### 4.2.1 Lähtötiedot

Valaistussuunnittelun kohteena oli maarakennuskoneita ja niiden osia maahantuovan ja huoltavan yrityksen uudet toimitilat. Suunnitelmat tehtiin myötäilemällä valaistusstandardin SFS-EN 12464-1 vaatimia arvoja, mutta asiakkaan toiveena oli vaadittua tehokkaampi valaistus osaan tiloista.

Taulukko 5.16 Teollisuus ja käsityö – Pesulat ja kemialliset pesulat

Viitenro.	Tila, tehtävä tai toiminta	$E_m$ lx	$UGR_L$	$U_o$	$R_a$	Erityisvaatimukset
5.16.1	Tavarin vastaanotto, merkintä ja lajittelu	300	25	0,60	80	
5.16.2	Pesu ja kuivapeu	300	25	0,60	80	
5.16.3	Silitys	300	25	0,60	80	
5.16.4	Tarkastus ja korjaus	750	19	0,70	80	

Taulukko 5.24 Teollisuus ja käsityö – Ajoneuvojen valmistus ja korjaus

Viitenro.	Tila, tehtävä tai toiminta	$E_m$ lx	$UGR_L$	$U_o$	$R_a$	Erityisvaatimukset
5.24.1	Korin valmistus ja kokoonpano	500	22	0,60	80	
5.24.2	Maalaus, maalausammio, kiillotuskammio	750	22	0,70	80	
5.24.3	Maalaus, korjaus, tarkastus	1 000	19	0,70	90	$4\,000\text{ K} \leq T_{CP} \leq 6\,500\text{ K}$
5.24.4	Verhoilun valmistus (miehitetty)	1 000	19	0,70	80	
5.24.5	Lopputarkastus	1 000	19	0,70	80	
5.24.6	Ajoneuvojen huolto yleensä, korjaus ja testaus	300	22	0,60	80	Harkittava paikallisvalaistusta

Taulukko 5.26 Toimistot

Viitenro.	Tila, tehtävä tai toiminta	$E_m$ lx	$UGR_L$	$U_o$	$R_a$	Erityisvaatimukset
5.26.1	Arkistointi, kopiointi, jne.	300	19	0,40	80	
5.26.2	Kirjoittaminen, konekirjoitus, lukeminen, tietojenkäsittely	500	19	0,60	80	Tietokonenäytöt, katso 4.9
5.26.3	Tekninen piirtäminen	750	16	0,70	80	
5.26.4	CAD-työasemat	500	19	0,60	80	Tietokonenäytöt, katso 4.9
5.26.5	Neuvottelu- ja kokoushuoneet	500	19	0,60	80	Valaistuksen tulisi olla säädettävä.
5.26.6	Vastaanottotiski	300	22	0,60	80	
5.26.7	Arkistot	200	25	0,40	80	

Taulukko 5.27 Liiketilat

Viitenro.	Tila, tehtävä tai toiminta	$E_m$ lx	$UGR_L$	$U_o$	$R_a$	Erityisvaatimukset
5.27.1	Myyntialue	300	22	0,40	80	
5.27.2	Kassa-alue	500	19	0,60	80	
5.27.3	Pakkauspöytä	500	19	0,60	80	

KUVA 27: Suunnitelmassa sovelletut standardit (SFS-EN 12464-1)



#### 4.2.2 Suunnittelu

Teollisuuskohteiden valaistussuunnitelmat eroavat asuinrakennusten suunnitelmista niin, ettei kohdetta koristella 3d-objekteilla. Suunnitelmiin mallinnetaan vain välttämättömät rakenteet, jotta tuloslaskennat eivät häiriinny ylimääräisistä objekteista. Tässä kohteessa kuitenkin käytettiin hieman aikaa julkisivujen mallintamiseen ja koristeluun, sillä kohteesta otetut 3d-kuvat tulivat markkinointimateriaaliksi asiakkaalle.

Objekti	Valaistusvoimakkuus (lx)	Käyttöaste	Valaistusvoimakkuus (lx)	Yksikkö	Tilanne
Pesuhalli	322 lx	0.70	0.70	lx	❌
Pesuhalli	274 lx	0.70	0.70	lx	❌
Pesuhalli	227 lx	0.71	0.71	lx	✅
Pesuhalli UGR	24.9	< 10	< 10	UGR	❌

KUVA 28: Pesuhallin laskennan tulokset. (Winled 2017)

Pesuhallin kohdalla sovellettiin standardin SFS-EN 12464-1 kohtaa 5.16.2, jonka vaatimuksena tilalle 300 luxin keskimääräinen valaistusvoimakkuus. Ylin rivi tuloksista on työalueen valaistusvoimakkuus, joka näyttää, että standardin vaatimat valaistustasot saavutettiin.

Objekti	Valaistusvoimakkuus (lx)	Käyttöaste	Valaistusvoimakkuus (lx)	Yksikkö	Tilanne
Halli	716 lx	0.51	0.51	lx	✅
Halli	748 lx	0.74	0.74	lx	✅
Halli	- lx	-	-	lx	❌
Halli	- lx	-	-	lx	❌
Halli UGR	19.2	< 10	< 10	UGR	❌

KUVA 29: Hallin laskennan tulokset. (Winled 2017)

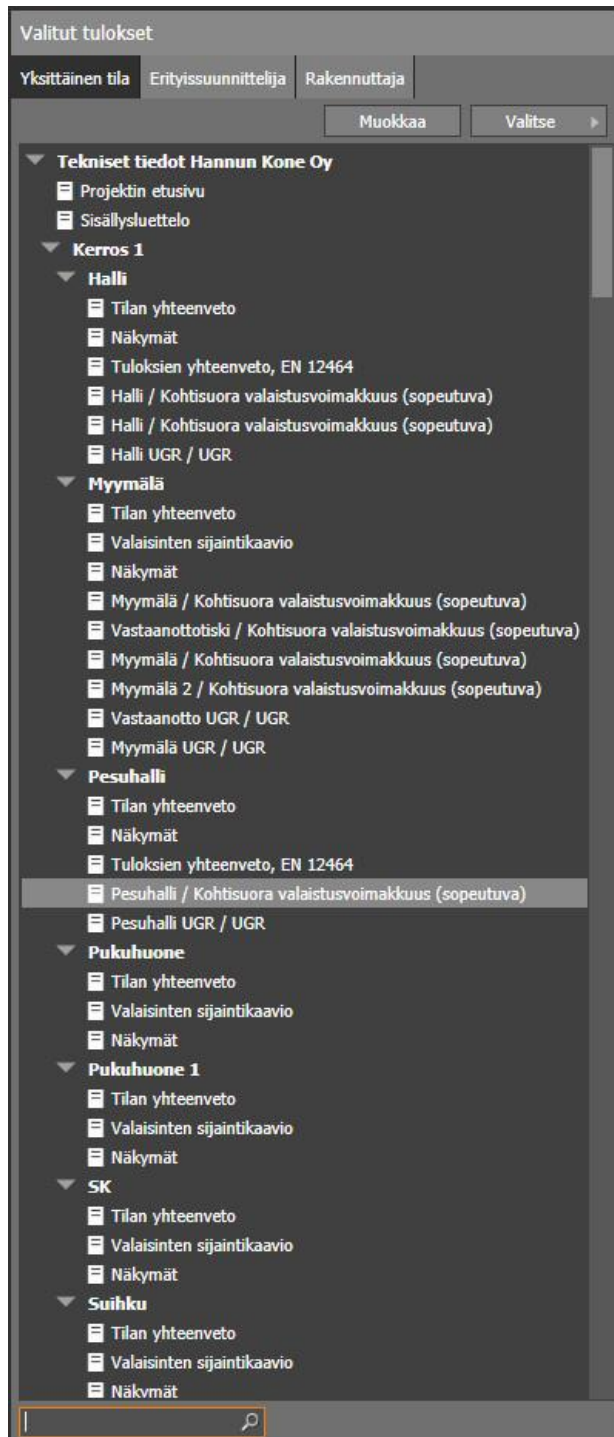
Halliin sovellettiin standardin SFS-EN 12464-1 kohtaa 5.24.6, jossa vaaditaan tilalle 300 luxin valaistusvoimakkuuden keskiarvoa. Asiakkaan toiveesta tilaan suunniteltiin tehokkaampi valaistus.

Myymäälä					
		369 lx	0.36		Red
		316 lx	0.54		Red
		- lx	-		Red
		422 lx	0.51		Green
Myymäälä 2					
		477 lx	0.70		Red
		473 lx	0.64		Green
		315 lx	0.46		Green
Myymäälä UGR					
		19.5	< 10		Red
Vastaanotto UGR					
		17.0	< 10		Green
Vastaanottotiski					
		573 lx	0.94		Green
		541 lx	0.88		Green
		335 lx	0.43		Green

KUVA 30: Työalueen laskenta-arvot merkattu mustalla viivalla. (Winled 2017)

### 4.2.3 Viimeistely

Teollisuuden kohteista otetaan samaan tapaan dokumentit kuin asuinrakennuksen valaistussuunnitelmistakin. Valaistusteknisiin tuloksiin valitut kriteerit voivat vaihdella yrityksillä, mutta vähintään suunnitelmaan lisättyjen laskentatasojen tulokset ovat syytä sisällyttää dokumentointiin.



KUVA 31: Dokumentaation puunäkymä. (Winled 2017)

## **5 PALAUTE JA KEHITYSALUEET**

### **5.1.1 Kysely**

Asiakkaille suunnatun palautekyselyn tarkoituksena oli kerätä informaatiota asiakastyytyväisyydestä suunnitteluprosessiimme sekä kerätä mahdollisia kehitysideoita. Kysely lähetettiin 52 satunnaisesti valituille asiakkaille, joille on tehty valaistussuunnitelma 2017 tammikuun jälkeen.

Kyselyssä selvitettiin asiakkaiden tyytyväisyyttä ja kokemuksia valaistussuunnittelusta ja mielipidettä 3d-kuvista ja visualisoinnista suunnitelman muiden dokumenttien tukena. Kyselyssä kyseltiin myös, miten hyvin suunnitelmat vastasivat toteutunutta asennusta työmaalla. Lopuksi annettiin vapaa sana.

### **5.1.2 Palautteen purku**

Suurin osa vastanneista koki, että valaistussuunnitelman teettäminen Winledillä oli luontevaa ja vaivatonta. Suunnittelijoiden ammattitaito tuli esille monessa vastauksessa ja asiakkaat olivat todella tyytyväisiä suunnittelijoiden kykyyn tuoda erilaisia valaistusratkaisuja esille.

Osalle vastanneista 3d-kuvat olivat ensimmäiset mitä he olivat talostaan saaneet ja he kehuivatkin, kuinka näiden kuvien perusteella sai paremman käsityksen omasta kodistaan. Suunnittelu vaiheessa käytyjen erilaisten valaistusratkaisujen ja valaisinten sijoittelun tarkastelu oli asiakkaiden mielestä selkeämpää kuin tavanomaisen pistekuvan tarkastelu. Suunnitelmien sisustuksesta tuli sellaista palautetta, että joissain tapauksissa sisustuksen tyllysuunta on vaihdellut jonkin verran kohteen eri huoneissa. Palaute otettiin puheeksi suunnittelijoiden kanssa ja tulimme siihen tulokseen, että näin on hyvinkin todennäköisesti käynyt kohteiden kanssa joille ei ollut alun perin määritelty jotain tiettyä sisustustyyliä. Pyrimme jatkossa pysyttämään suunnitteluvaiheessa valitussa tyllysuunnassa.

Suunnitelman valmistuttua toimitamme asiakkaillemme kohteen tekniset tiedot, kohteesta otetut 3d-kuvat, valaisinpistekuvat sekä mahdollisen listauksen kohteeseen tulevista valonauhoista, muuntajista ja alumiiniprofiileista. Kukaan vastanneista ei jäänyt kaipeamaan muita dokumentteja toimitettujen lisäksi.

Suurimmalle osalle vastanneista valaisinasennuksia ei oltu vielä tehty työmaalla, joten he eivät osanneet vastata kysymykseen, kuinka hyvin 3d-kuvat vastasivat todellisuutta. He, joille asennukset oli tehty, vastasivat, että suunnitelmat vastasivat hyvin todellisuutta.

Selkeästi suurin osa vastanneista oli kuullut Winledin valaistussuunnittelusta asuntopesuilla. Näkyvyyttä on tullut myös Facebookin puolelta sekä rakennettavan kohteen sähköurakoitsijan kautta.

Vapaa sana osiossa keuhuttiin ammattitaitoista suunnitteluosastoa ja kuvailtiin palvelua ystävälliseksi. Asiakkaan toiveita oltiin kuunneltu hyvin ja sisällytetty valaistussuunnitelmiin, joista suunnittelijat saivatkin kehuja tässä osiossa. Palautetta tuli muutamasta venähtäneestä aikataulusta, jotka olivat osittain johtuneet suunnittelijasta ja osittain asiakkaasta, mutta pääasiallinen viesti kyseisessä palautteessa oli positiivinen ja tyytyväinen.

## 6 POHDINTA

Työn tarkoituksena oli selvittää lukijalle valaistussuunnitteluprosessin peruskäsitteitä ja lähtökohtia sekä antaa kokonaisvaltainen kuva valaistussuunnitelman alusta loppuun viemiseen. Koen, että työ onnistui välittämään lukijalle kaiken tarpeellisen suunnitteluprosessiin liittyen yksiselitteisesti ja selkeästi ja olen tyytyväinen lopputulokseen.

Palautekysely lähetettiin 52 satunnaisesti valitulle asiakkaalle, joille valaistussuunnitelma oli tehty, mutta vastauksia tuli paljon odotettua vähemmän. Olisin varmasti saanut enemmän vastauksia, mikäli olisin alkanut lähettämään kyselyitä työni alkupuolella. Jos aloitaisin työn tekemisen uudelleen, ottaisin tämän huomioon ja varaisin kyselyprosessille enemmän aikaa.

Työn pääaihealue, valaistussuunnitelmien laatiminen, oli minulle jo entuudestaan varsin tuttu, joten tästä osiosta en oppinut uutta, mutta työn alkuosassa käyty valaistussuunnittelun lähtökohdat ja ideologia opetti minulle uusia näkökulmia valaistussuunnittelusta ja valaistustapojen yhdistelystä.

Työn visualisointiin keskittyvää osaa tehdessäni törmäsin erääseen toimintatapaan, joka käsitti Dialux mallien viemisen muihin, varsinaisiin 3d-mallinnus- ja renderöintiohjelmistoihin, joiden on tarkoitus tuottaa lähes valokuvaustason 3d-kuvia.

Frankfurtissa Light and Building messuilla jutustellessani erään Dialuxin esittelyosaston henkilön kanssa puheeksi tuli Dialuxin IFC-tuki ja mahdollinen IFC-vienti tulevaisuuden päivityksissä. Tämä mahdollistaisi Dialuxissa tehtyjen IFC-mallien tuomisen esimerkiksi Revitin puolelle ja sitä kautta avaa mahdollisuuden virtuaalisen todellisuuden käyttämisen suunnitteluprosessissa. Koen itse, että tulevaisuudessa suunnitelmien esittely asiakkaille virtuaalisessa ympäristössä tulee yleisemmäksi, ja odotan innolla, että pääsen tutustumaan tähän aihealueeseen ja työtapaan joskus tulevaisuudessa.

## LÄHTEET

James. 24.01.2017. Basics of Lighting Design. Luettu 25.3.2018. <http://www.urbancottageindustries.com/blog/lighting-design-basics-101-unit-5/>

Lumens. Light Bulb Facts: Color Rendering Index.. Luettu 09.04.2018. <https://www.lumens.com/light-bulb-facts/color-rendering-index.html>

Rüdiger Ganslandt & Harald Hofmann. 1992. Handbook of Lighting Design. Luettu 24.3.2018. <https://www.erco.com/download/content/30-media/2-handbook/erco-handbook-of-lighting-design-en.pdf>

SFS-EN 12464-1. 2011. Valo ja valaistus. Työkohteiden valaistus. Suomen Standardoimisliitto SFS. Luettu 07.03.2018. Vaatii käyttöoikeuden. <https://online.sfs.fi/fi/index.html.stx>

Northgate. 29.8.2017. What is UGR?. Luettu 09.04.2018. <http://www.northgatelighting.co.uk/what-is-ugr/>

W. F. Long. 1994. Luminous Existance. Luettu 05.04.2018. <http://www.drdrbill.com/downloads/optics/photometry/Exitance.pdf>

# LIITTEET

## Liite 1. OH / K / R laskentatulokset sivu 1

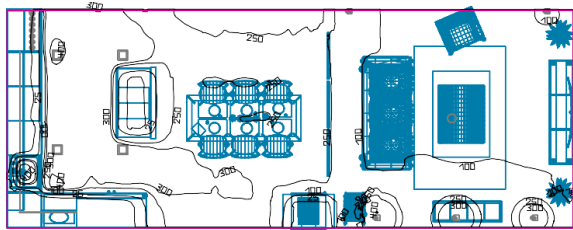
Tekniset tiedot

27.12.2017



Site 1 / Building 1 / Storey 1 / K/R/OH / Tilan yhteenveto

### K/R/OH



Tilan vapaa korkeus: 2.680 m saakka 2.700 m, Heijastussuhteet: Katto 77.0%, Seinät 83.2%, Lattia 43.0%. Alenemakerroin: 0.80

#### Käyttötaso

Pinta	Tulos	Keski (Ohje)	Min.	Maks.	Min./keskim.	Min./maks.
Workplane 10	Kohtisuora valaistusvoimakkuus (sopeutuva) [lx] Korkeus: 0.800 m, Reuna-alue: 0.000 m	183 ( 500)	1.49	442	0.01	0.00

#	Valaisin	<t>(Valaisin) [lm]	Teho [W]	Valoteho [lm/W]
4	Winled Oy- 02WP993N012R Kanna 12W NV	861	13.7	62.8
2	Winled Oy - 53UL395N002X Hydra 2W NV	113	3.3	34.4
7	Winled Oy - 54VN186NV005R Valonauha 4.8W NV IP20 1m	305	4.8	63.5
8	Winled Oy- 54VN186NV012R Valonauha 12W NV IP20 10cm	134	1.2	111.7
3	Winled Oy- 62AV996N005G Spectri 8 NV	490	8.4	58.4
	Yleinen - 15cm X 1cm Kattokansi	0	0.1	0.0
	Kaikkien valaisimien summa	8347	129.9	64.3

Ominaisliittäntäteho:  $3.42 \text{ W/m}^2 = 1.87 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Tilan pinta-ala  $37.96 \text{ m}^2$ )

Energiankulutuksen suuret pätevät tilaan suunnitelluille valaisimille huomioimatta valotilanteita ja himmennyskiä.  
Kulutus: 230 - 360 kWh/a enimmäisarvosta 1350 kWh/a



## Liite 2. OH / K / R laskenta tulokset sivu 2

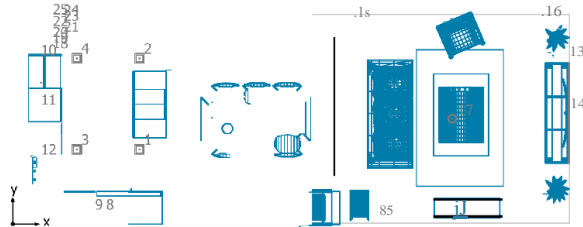
Tekniset tiedot

27.12.2017



Site 1 / Building 1 / Storey 1 / K/R/OH / Valaisinten sijaintikaavio

## K/R/OH



## Winled Oy 02WP993N012R Kanna 12W NV

Numero	X[m]	Y[m]	Asennuskorkeus [m]
1	2.313	1.360	2,700
2	2.313	3.015	2,700
3	1.169	1.360	2,700
4	1.169	3.015	2,700

## Winled Oy 62AV996N005G Spectri 8 NV

Numero	X[m]	Y[m]	Asennuskorkeus [m]
5	6.773	0.167	2,680
6	8.154	0.167	2,680
7	9.535	0.167	2,680

## Winled Oy 54VN186NV005R Valonauha 4,8W NV IP20 1m

Numero	X[m]	Y[m]	Asennuskorkeus [m]
8	1.007	0.263	1,400
9	1.004	0.263	1,400
10	0.512	2.576	1,400
11	0.512	1.671	1,400
12	0.512	0.766	1,400
13	10.215	2.426	0,467
14	10.215	1.613	0,467

## Winled Oy 53UL395N002X Hydra 2W NV

Numero	X[m]	Y[m]	Asennuskorkeus [m]
15	6.283	3.781	1,460
16	9.747	3.781	1,460

## Yleinen 15cm X 1cm Kattokansi

Numero	X[m]	Y[m]	Asennuskorkeus [m]
17	8.075	1.909	2,680

## Winled Oy 54VN186NV012R Valonauha 12W NV IP20 10cm

Numero	X[m]	Y[m]	Asennuskorkeus [m]
18	0.727	3.146	2,154
19	0.727	3.247	2,154
20	0.727	3.348	2,154
21	0.727	3.449	2,154
22	0.727	3.548	2,154